

LES RÉALISATIONS DE LA « LIGNE BLEUE »

LE SAVOIR-FAIRE RADIOAMATEUR

Amplificateur push-pull 20 mètres à « MOSFET » de puissance

Par F6BCU--Bernard MOUROT Radio-club de la Ligne bleue

1^{ère} partie

Depuis plus de 10 ans les MOSFET de puissance sont largement utilisés dans l'industrie à des fins industrielles : commande, commutation etc. Des radioamateurs expérimentateurs ont testé ces MOSFET de puissance avec succès ; quelques schémas de réalisations pratiques d'amplificateurs de puissance en décamétrique ont vu le jour mais restent rares, car cette technologie demeure mystérieuse car peu vulgarisée. Le premier montage pratique d'amplificateur linéaire push-pull à MOSFET de puissance qui délivrent plus de 50 watts HF de 1.5 à 30 MHz apparaît dans le « Handbook de l'ARRL » en 2001 avec une recommandation spéciale sous la plume du Rédacteur en chef c'est le « TOP » en photo sur la couverture du manuel. La construction de l'amplificateur est signée par WA2EBY.

Le paradoxe est que les fabricants de matériel OM actuellement font un usage massif de ces MOSFET de puissances dans les transceivers décamétrique et que le mystère plane toujours.

Courant juin 2003 lors d'un QSO avec « Michel : F5TN » sur 3668 KHz, celui-ci nous faisait part de l'acquisition d'une certaine quantité de transistors MOSFET de récupérations et nous approvisionnait ultérieurement de quelques spécimens pour essayer !

Entre-temps « Raymond : F5HD » animateur dans un radio-club du Nord de la Moselle nous décrivait sur les ondes une de ses dernières réalisations : un émetteur CW 80 m qui sortait 40 watts HF avec un MOSFET de puissance **IRF 530** alimenté sous 30 volts.

De discussions en discussions d'une part avec F5TN qui avait aussi construit un émetteur CW 80 m avec un IRF 530 mais alimenté sous 12 volts qui sortait plus de 10 Watts HF et d'autre part avec F5HD qui nous fit parvenir quelques schémas d'applications d'amplificateurs à MOSFET de puissance, nous entreprenions à notre tour, quelques essais et expérimentations sur ces MOSFET de puissance, en particulier sur le modèle IRF 530 vendu moins de 1.50 Euros.

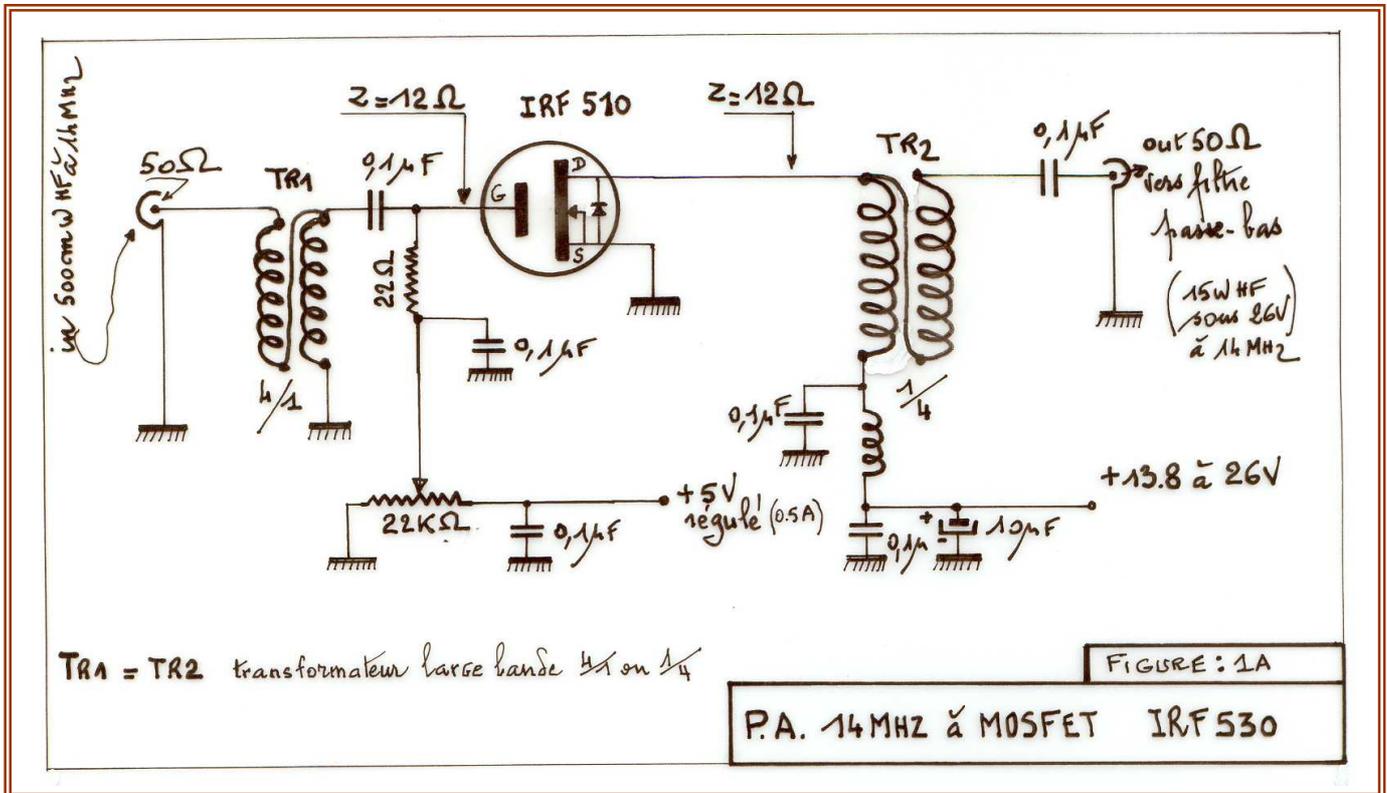
Voici dans les lignes qui vont suivre, les résultats de nos observations sur l'utilisation de l'IRF 530 et l'application pratique que nous avons pu en faire dans le domaine de la télégraphie :

- l'augmentation considérable de la puissance de sortie d'un émetteur d'origine CW/QRP,
- la parfaite reproductibilité du montage, enfin un P.A. pour un prix très raisonnable,
- l'approvisionnement facile en composants électroniques,
- la version grand public de ces composants électroniques.

Pour l'avenir ce type d'amplificateur trouvera une magnifique application en SSB là où la construction amateur butait sur les critères de reproductibilité d'un bon PA décamétrique, l'approvisionnement en transistors de puissances trop chers et fragiles et de tores en ferrite à caractéristiques inconnues ou inaccessibles commercialement en France.

Montage de base : amplificateur avec 1 x IRF 530 (P.A.)

Figure 1A



Les MOSFET de puissance pour celui qui ne les a jamais manipulés semblent bizarres il y a là dedans du FET, transistor à effet de champ, et le blablabla de leurs utilisateurs privilégiés, (ténor du carnet de chèques) du genre « super truc, le nec le plus ultra » réservé à l'élite de 1^{ère} classe.

Détrompez-vous, ces MOSFET fonctionnent exactement comme des transistors NPN. Si la GATE est réputée sensible aux effets statiques lors des opérations de soudage (fer à débrancher et connexion de masse obligatoire), ils ne rendent pas l'âme à chaque soudure, ils sont très résistants, de ce côté pas d'inquiétude.

L'amplification large bande requiert quelques dizaines d'ohms d'impédance sur la GATE.

Une résistance de 22 Ω et découplage à la masse par condensateur de 0.1 μF fixent l'impédance moyenne d'entrée (voir figure 1A). Bien entendu une polarisation positive de l'ordre de +/- :

+ 3.66 Volts appliquée sur la GATE déclenche un courant de repos ajustable par la résistance de 22 K Ω connectée à + 5 Volts régulés issus d'un 7805, le courant traversant le régulateur est de quelques mA. Ce courant de repos varie suivant l'auteur du montage. Si l'auteur allemand préconise 200 mA de courant de repos DRAIN pour l'IRF 530, aux USA 20mA semblent la règle.

De notre côté voici quelques chiffres :

Si le courant de repos est de 20 mA excité sous 1/2 W HF l'IRF 530 va sortir 3.5 watts HF sous 13.8 Volts.

Avec 200 mA sous 13.8 Volts, nous sortons 4.5 W HF mais cela chauffe et la variation thermique se manifeste lentement, mais sûrement dans les 10 minutes suivants nous montons à 230 mA environ.

Bien entendu travaillant en CW. Sous 26 volts l'IRF 530 va sortir plus de 15 Watts HF mais le courant de repos peut monter à 300mA. Nous préconisons un compromis fixer le courant de repos à 100 mA.

Impédance de la GATE

Dans le montage de la figure 1A nous attaquons sous 50 Ω et un transformateur large bande de 4/1 abaisse l'impédance de la GATE à 12.5 Ω . La valeur de la résistance de GATE est de 22 Ω cette valeur est un juste compromis.

Quelques chiffres :

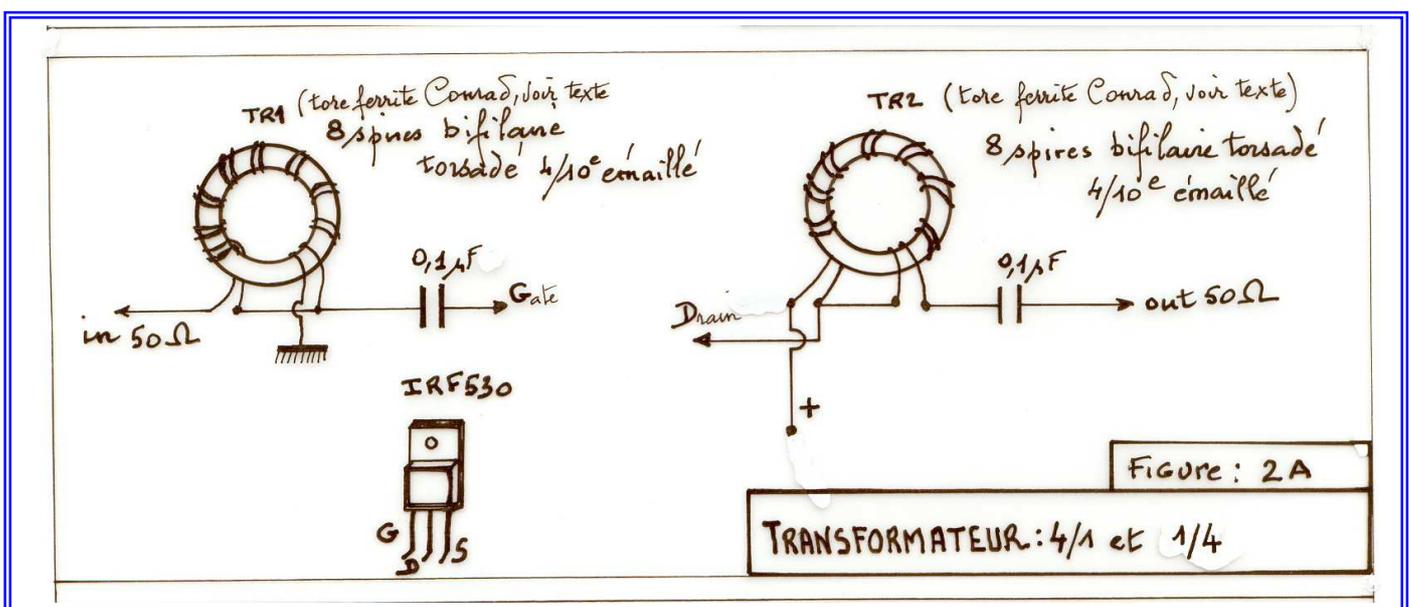
Si nous remplaçons la résistance de 22 Ω par 12.5 Ω cela fonctionne parfaitement mais nous perdons du gain. Pour un IRF 530 alimenté sous 13.8 volts la puissance de sortie sera de 3 W HF ; avec 22 Ω nous arrivons à 4.5 W HF, avec 27 Ω la puissance passe à 6 watts HF mais le transistor présente une tendance à auto-osciller légèrement (trace de HF en l'absence d'excitation). Mettre une self de choc à la place de la résistance désadapte l'impédance côté DRAIN et impossible d'avoir 50 Ω en sortie et un ROS voisin de 1/1 dans le circuit côté antenne. Nous déconseillons la self de choc.

Impédance du DRAIN

Côté DRAIN nous avons une impédance de sortie d'environ 10 à 12 Ω et le transformateur de rapport 4/1 large bande avoisine les 50 Ω en sortie. Bien entendu un filtre passe-bas est nécessaire. Si nos essais se sont concentrés sur le 14 MHz c'est que nous possédions tous les ingrédients nécessaires pour bien mener nos mesures. Ainsi que quelques exciteurs QRP/CW bien adaptés et d'impédance connue délivrant 1/2 watts HF sous 10 à 15 Ω d'impédance.

Boucler l'impédance de GATE par une résistance entre 10 et 22 Ω permet un fonctionnement stable à long terme.

LES TORES 4/1 et 1/4 figure 2A



Les TORES utilisés sont d'origine de la série AMIDON made in USA 37/43 ou 50/61 en entrée .

Un seul Tore côté GATE et aussi côté drain pour sortir 4 à 5 watts HF pour ½ Watts HF de Drive, donc 1 seule pièce est seulement nécessaire sous 13.8 V.. Mais sous 24 à 26 volts vous sortez de 14 à 16 watts HF et nous recommandons d'accoupler 2 tores en sortie Drain, ainsi ça ne chauffe pas.

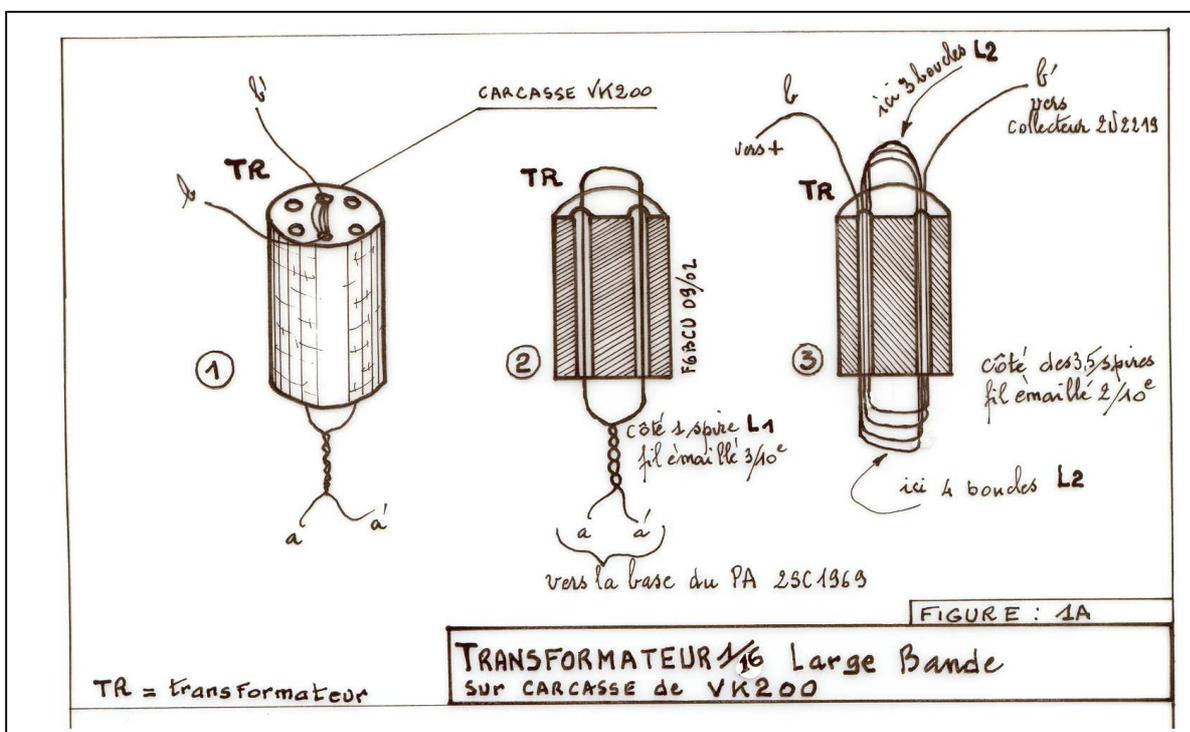
Les TORES ferrite de France. Nous attirons votre attention sur les tores que l'on récupère sur les cordons d'ordinateurs, les mêmes sont diffusés dans le catalogue CONRAD (pub gratuit) nous avons sélectionné le modèle N°50 7997-33 de Ø extérieur 11 mm et d'épaisseur 9 mm ; il convient parfaitement à l'unité en entrée et sortie de 13.8 à 26 volts sans chauffer : son prix est de 0.75€ la pièce.

D'autres tores plus importants existent sur la liste disponible, notamment un modèle de Ø 18 mm et 10 mm d'épaisseur qui permet de sortir plusieurs dizaines de Watts HF sur décimétrique dont l'utilisation sera intéressante dans la 2^{ème} partie avec le push pull de IRF 530.

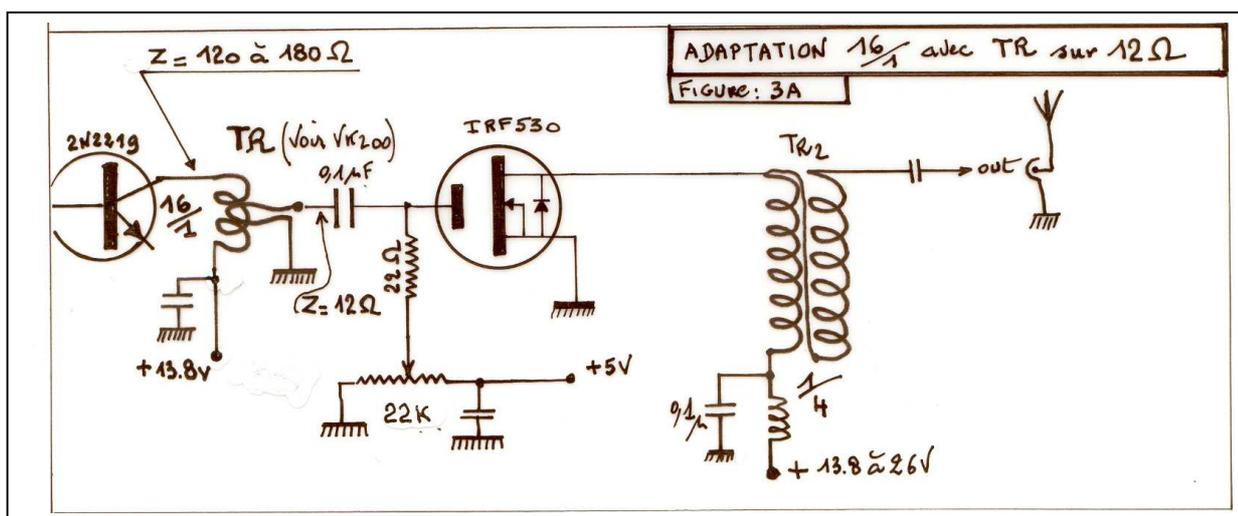
Nous ne pouvons omettre de rappeler l'adaptation des ferrites VK200 qui ainsi modifiées permettent aussi la fabrication simple de transformateur 4/1 et 16/1.

Transformateur 16/1 ou 1/16 :

Voici en rappel l'utilisation de la VK200 modifiée qui nous sert de transformateur de 16/1 dans l'adaptation parfaite entre un 2N2219 en classe A délivrant 0.5 watts HF et un IRF530 en PA .



Voici maintenant sur le dessin suivant le schéma de la liaison 2N 2219 et IRF 530



Sur la figure 3A précédente, nous avons un étage 2N2219 monté en driver classe A son impédance collecteur varie de 120 à 180 Ω suivant une longue série d'expérimentation nous avons retenu l'utilisation de la VK200 modifiée du dessin « transformateur 1/16 large bande... » Que l'on parle de transformateur 16/1 ou 1/16 c'est le même, mais il faut seulement voir de quel côté il est utilisé. La bonne adaptation des impédances entre sortie collecteur de 2N2219 et entrée GATE de l'IRF530 est impérative ; toute désadaptation fait monter le ROS en sortie côté antenne. Un autre élément entre dans l'adaptation des impédances, nous en parlerons plus dans la 2^{ème} partie, il s'agit de la résistance de charge de « l'Emetteur » du Driver 2N2219 à prendre aussi en compte.

Construction

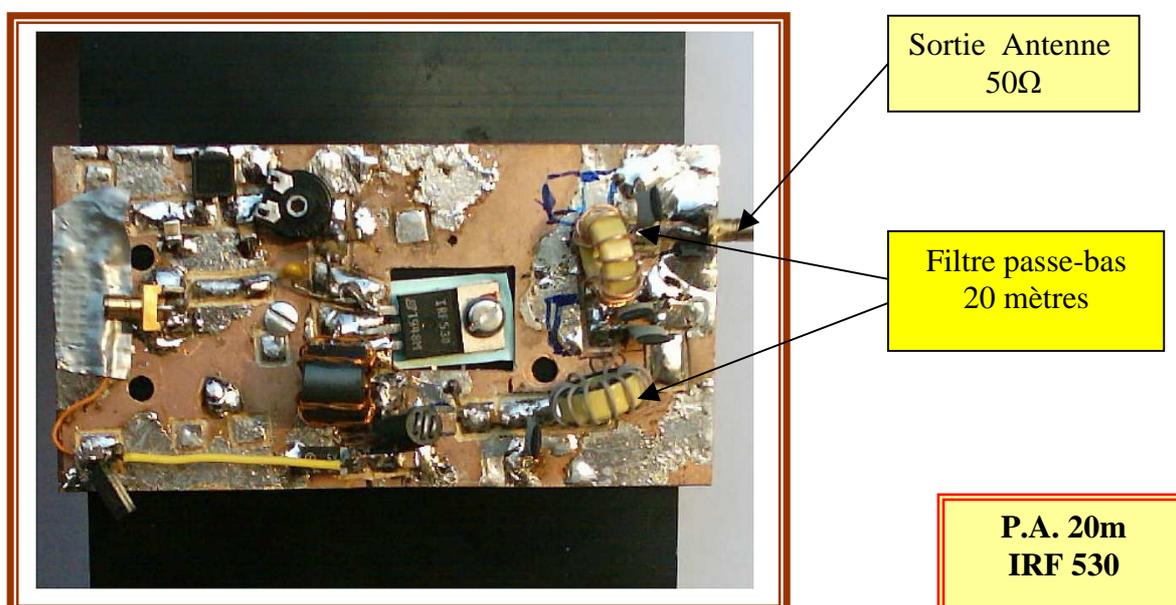
Un ampli équipé d'un seul IRF 530 fonctionne du 1^{er} coup attention ! il fonctionne en classe AB ça chauffe un peu sous 26 volts mais avec 1/2 watts HF vous sortez 14 à 16 watts HF le gain 30 fois environ 14 dB, le rendement 38 % . Le radiateur doit faire au moins 10 x 10 x 2.5 cm en CW. Quant à l'intensité c'est 2.5 Ampères. Le circuit cuivré époxy fait 5 x 10 cm, l'ensemble des composants est câblé sur des îlots isolants détournés à la fraise ou sur des pastilles collées à la cyanocrilate (Glue 3).

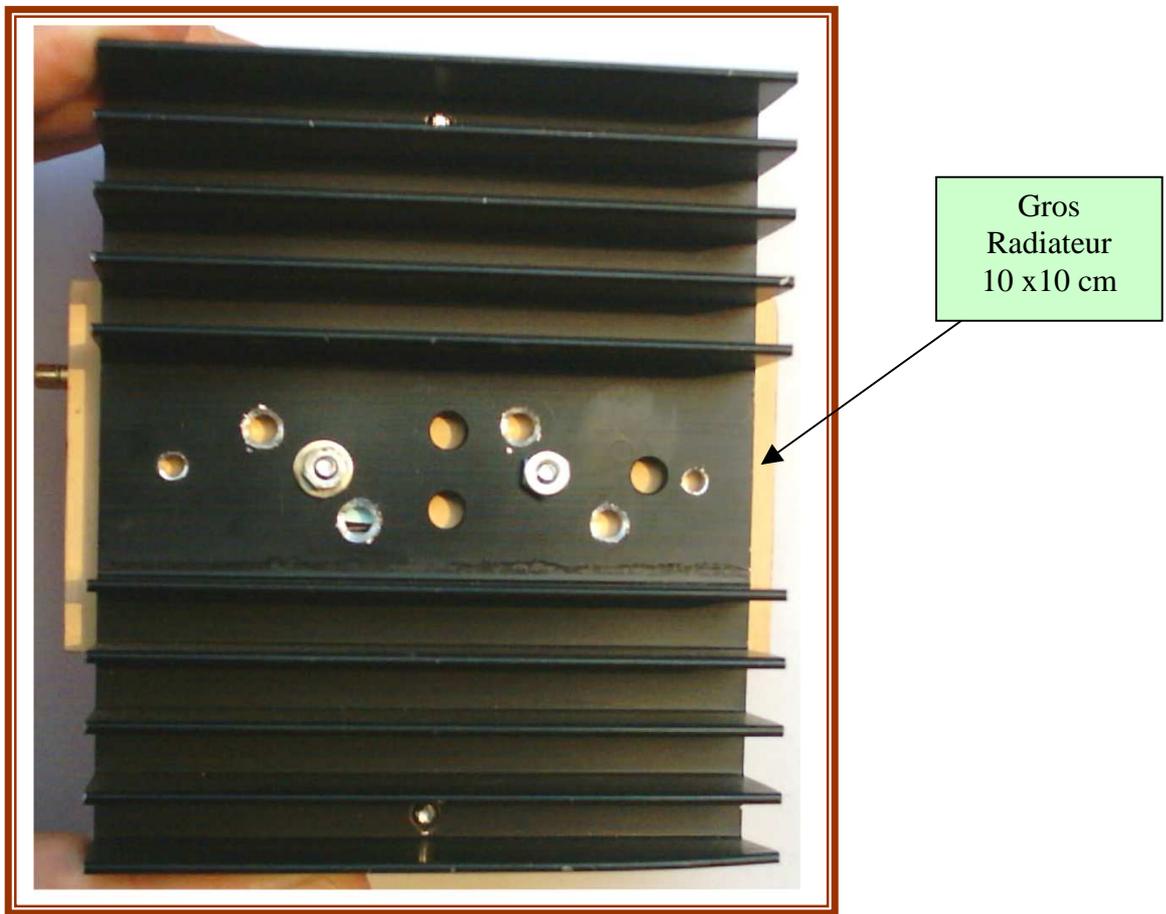
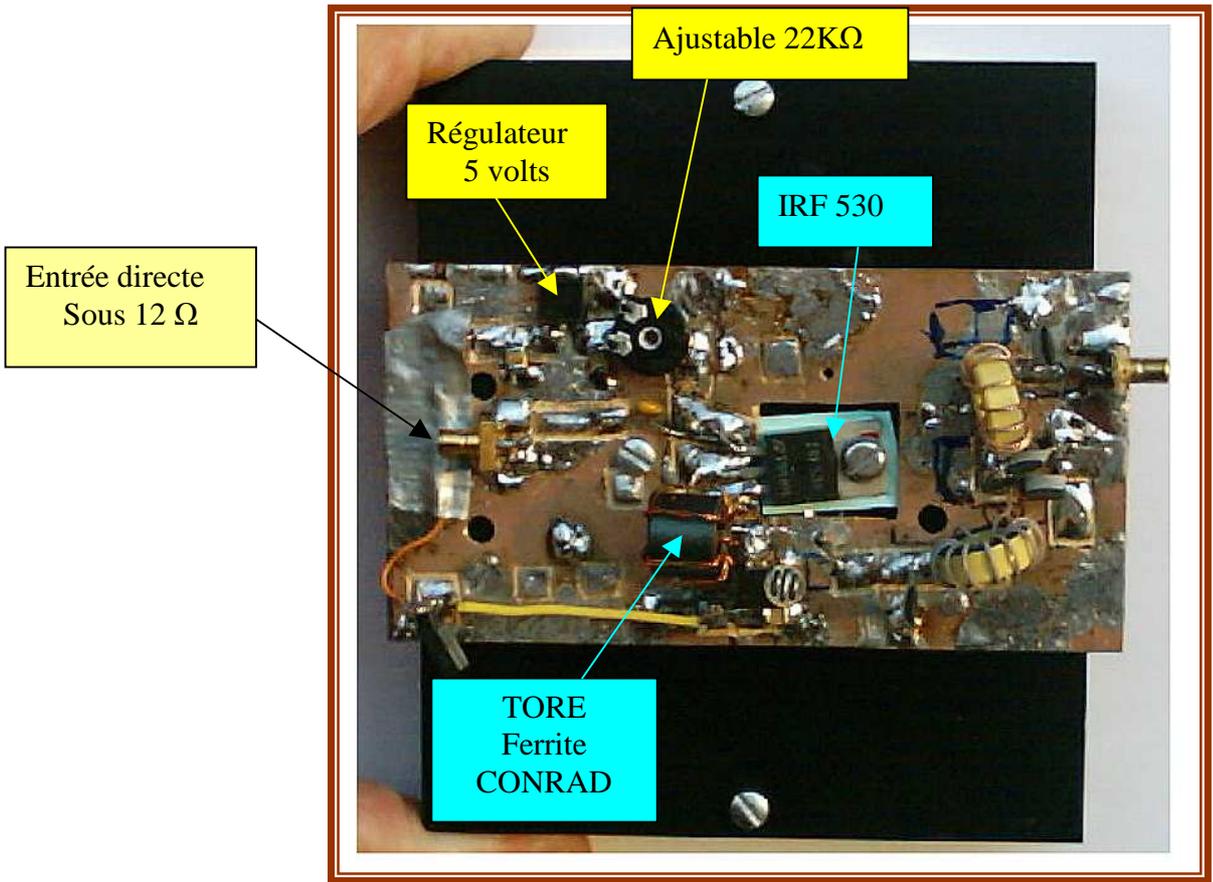
Conclusion

Ce montage est simple à construire la puissance relativement importante pour un prix de revient très faible ; moyennant quelques précautions avec 1 watts HF d'excitation, 30 Watts HF sont produits ; avec 1.5 Watts et 30 Volts, 40 watts HF sur 20 m sont disponibles.

Nous nous sommes cantonnés à une puissance raisonnable simplement en doublant la tension du Drain passant de 13.8 V 4 W HF à 26 volts 15/16 Watts HF, l'amplificateur en classe AB est parfaitement linéaire. Le filtre passe bas sera décrit à la fin de l'article de la 2^{ème} partie.

Dans la 2^{ème} partie nous allons étudier la construction pratique d'un push pull de 2 x IRF 530 ; de nombreuses photographies en couleurs vous détailleront la construction. Ce montage présente un gain fabuleux de 50 fois ou 17 dB, avec 1/2 W HF c'est 25 watts HF sous 26 volts sur 20 m.





Ce document a été spécialement écrit pour « amat-radio.com » et Ondes Courtes Information de l'URC. (Toute reproduction même partielle est interdite sans autorisation écrite de l'auteur)

**Les textes, dessins, photographies sont la propriété de l'auteur
Nonobstant toute clause contraire.**

**Nouvelle édition du 2 septembre 2003
Bernard MOUROT F6BCU – REMOMEIX 88100
RADIO-CLUB DE LA LIGNE –BLEUE (association 1901)**